

УДК 681.51, 621.3.07

Михайло Паламар, д.т.н., проф., Юрій Наконечний, ст.викл.,  
Юрій Апостол, ст.викл.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## АНАЛІЗ ПОХИБОК КУТОВОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ СУПУТНИКОВОЇ АНТЕННОЇ СИСТЕМИ

Приведені результати розрахунку сумарної похибки відпрацювання кута повороту кутомірного пристрою супутникової антени. На основі аналізу розрахунку запропонована оптимальна конструкція кутомірного пристрою, в якій сумарна похибка відпрацювання кута повороту не буде перевищувати  $4'$ .

Ключові слова: Супутникова антена, азимутальна вісь, давач кута, пружний мертвий хід, похибка кута повороту.

### Mykhailo Palamar, Yuriy Nakonetchnj, Yuriy Apostol THE ERRORS ANALYSIS OF THE ANGLE MEASURING DEVICE OF SATELLITE ANTENNA SYSTEM

The results of calculating the total error testing support rotation angle satellite antenna system. The analysis suggested calculating the optimum design rotation device, in which the total working angle of rotation error will not exceed  $4'$ .

Satellite antenna azimuthal axis angle sensor, resilient backlash, rotation angle error.

Для прецизійного вимірювання кутів повороту антенної системи з діаметром рефлектора 5 м спроектовано кутовий вимірювальний пристрій (рис.1), що включає кутовий сенсор і механізм спряження з віссю антени.

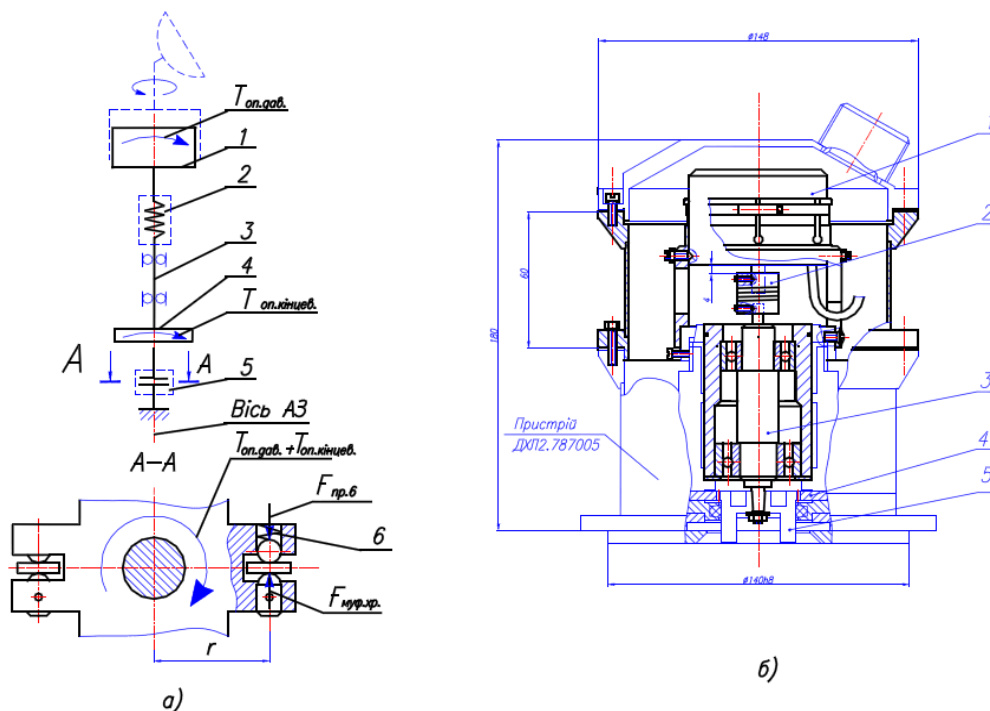


Рис. 1. Схема а) та конструкція б) кутового вимірювального пристрою

Пристрій монтується на опорно-поворотній платформі антени і контролює кути повороту кожної осі безпосередньо на валу без застосування будь-яких додаткових

механічних передач. Згідно із технічними вимогами похибка відпрацювання кутів не повинна перевищувати 4' (кутових хвилин). У спроектованому пристрої використовується оптоелектронний кутовий сенсор, розроблений на каф. ПВ ТНТУ з роздільною здатністю 20 кут. сек., та загальною похибкою до 2'. Тому сумарна кінематична похибка механізму з'єднання валу кутового сенсора з нерухомим корпусом антени (приводу давача кута) не повинна перевищувати 2'.

Спроекований пристрій складається з оптоелектронного кутового сенсора з вбудованим мікроконтролером для опрацювання інформації 1 (інтелектуальний сенсор) [1], пружної муфти 2, яка компенсує можливу радіальну та кутову неспіввісність вихідного валу давача та жорсткого підшипникового валу 3, і шарнірно-хрестової муфти 5. Конструкція приводу давача виконана безлюфтовою. Кінематичні похибки при вимірюванні кута повороту антени виникають тільки внаслідок пружних деформацій муфти 2 від дії моменту тертя  $T_{оп.дав}$  в опорах давача кута 1 та деформації пружин 6 в шарнірно-хрестовій муфті 5 від дії сумарного моменту  $T_{оп.дав}$  та моменту опору  $T_{оп.кінцев.}$ , що виникає в механізмі кінцевих вимикачів 4. При реверсивному русі антени ці пружні деформації подвоюються.

Результати оцінки джерел похибок приведені в табл.1. Розрахунки виконані для двох варіантів конструкції муфти 2: з пружним елементом у вигляді спіральної циліндричної нарізки та з кільцевими надрізами до половини діаметру муфти (має більшу крутильну жорсткість). Також розглядаються два варіанти виконання кутових вимірювальних пристроїв: з підшипниками ковзання (а) та манжетою для ущільнення вихідного валу у випадку додаткового захисту від впливів атмосферного середовища (б). Експериментально досліджено, що ущільнення мають власний момент сил опору 0,075 Нм, а підшипники кочення мають додатковий власний момент сил опору 0,015 Нм.

Таблиця 1 – Розрахунок сумарної кінематичної похибки відпрацювання кута повороту по осі АЗ кутомірного пристрою супутникової антени діаметром 5м

1.Момент сил опору давача кута 1 (зусилля зрушення)	$T_{оп.дав.}$	3 втулками ковзання і ущільненнями		3 підшипниками кочення	
		0,075 Нм		0,015 Нм	
2.Жорсткість при крученні пружної муфти	$C_{муф.пр.}$	Спіральна нарізка	Кільцеві надрізи	Спіральна нарізка	Кільцеві надрізи
		40 Нм/рад	250 Нм/рад	40 Нм/рад	250 Нм/рад
3.Зусилля пружини 6 хрестової муфти 5	$F_{пр.}$	10 Н			

Продовження таблиці 1

4.Плече хрестової муфти 5	$r$	14 мм			
5. Момент сил опору механізму кінцевих вимикачів 4	$T_{\text{оп.кінцев.}}$	0,075 Нм			
6.Мінімальне необхідне зусилля пружини 6 при передачі хрестовою муфтою 5 обертового моменту $T_{\text{оп.дав.}} + T_{\text{оп.кінцев.}}$	$F_{\text{муф.хр.}} = \frac{T_{\text{оп.дав.}} + T_{\text{оп.кінцев.}}}{2r}$	5,36 Н ( $F_{\text{муф.хр.}} < F_{\text{пр.}}$ , тоді деформація пружини 6 і пружний мертвий хід муфти 5 рівні нулю)			
7.Кут закручування пружної муфти 2	$\varphi_{\text{муф.пр.}} = \frac{T_{\text{оп.дав.}}}{C_{\text{муф.пр.}}}$	6,4', або 0,0019рад	1,03', або 0,0003рад	1,2', або 0,00037рад	0,2', або 0,00006рад
8.Пружний мертвий хід при реверсивному русі	$\Delta_{\text{м.х.}} = 2\varphi_{\text{муф.пр.}}$	12,9'	2'	2,4'	0,4'

**Висновок.** Отже сумарна похибка відпрацювання кута повороту в спроектованому кутовому вимірювальному пристрої не буде перевищувати 4' тільки у випадку застосування пружної муфти 2 з кільцевими надрізами, а зусилля пружин 6 в шарнірно-хрестовій муфті 5 повинно бути не меншим 5,36 Н.

#### Література

1. MykhayloPalamar Improvement metrological characteristics of the antenna system using smart angle sensor [Text] / Mykhaylo Palamar, Andrii Chaikovskiy, Yuriy Pasternak, Yaroslav Palamar // Proceedings of the 2015 IEEE 8th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS): - 24-26 September 2015, Warsaw, Poland. IEEE, P. 131–135. ISBN: 978-1-4673-8359-2, IEEE Catalog Number: CFP15803-PRT